昆 虫 学 报 *Acta Entomologica Sinica*, October 2012, 55(10): 1230 - 1238 ISSN 0454-6296

苹果全爪螨在吉尔吉斯与金冠苹果上的实验种群两性生命表

殷万东[1], 闫文涛[1], 仇贵生[1,*], 张怀江[1], 马春森[2]
(1. 中国农业科学院果树研究所, 辽宁兴城 125100; 2. 中国农业科学院植物保护研究所, 北京 100193)

摘要: 为明确新疆野苹果 *Malus sieversii* 吉尔吉斯与栽培苹果 *Malus domestica* 金冠对苹果全爪螨 *Panonychus ulmi* 生长发育和繁殖的影响, 在室温 23 ± 1℃, 相对湿度 75% ± 5%, 光周期 16L:8D 条件下, 组建了苹果全爪螨在吉尔吉斯和金冠上的实验种群两性生命表。结果显示: 吉尔吉斯和金冠对苹果全爪螨雌螨寿命、产卵期及总产卵量等有明显影响、而对总发育历期、总产卵前期、未成熟螨存活率等影响不显著。苹果全爪螨总发育历期在吉尔吉斯(雌 12.60 d, 雄 11.40 d)和金冠(雌 12.54 d, 雄 11.67 d)上无显著差异, 雌成螨寿命在金冠(13.46 d)上显著长于在吉尔吉斯(10.88 d)上($P<0.05$)。产卵期在金冠和吉尔吉斯上分别为 10.55 d 和 8.30 d, 达到显著差异水平($P<0.05$)。总产卵量在金冠上为 34.12 粒/雌, 显著高于在吉尔吉斯上(22.48 粒/雌)($P<0.05$)。苹果全爪螨在吉尔吉斯上内禀增长率(r)、净增殖率(R_0)、世代平均周期(T)、周限增长率(λ)分别为 0.1354, 11.96, 18.33 和 1.1450, 而在金冠上分别为0.1489, 17.39, 19.18 和 1.1606。由种群动态参数可知, 苹果全爪螨在金冠上种群数量增长快于在吉尔吉斯上。研究结果有助于深入了解该螨在新疆野苹果与栽培苹果上种群动态, 并为苹果抗螨性育种及害螨综合治理提供理论依据。

关键词: 苹果全爪螨; 苹果; 新疆野苹果; 实验种群; 两性生命表
中图分类号: Q968 **文献标识码**: A **文章编号**: 0454-6296(2012)10-1230-09

Age-stage two-sex life tables of the experimental population of *Panonychus ulmi* (Acari: Tetranychidae) on apples *Malus sieversii* subsp. *kirghisorum* and *M. domestica* Golden Delicious

YIN Wan-Dong[1], YAN Wen-Tao[1], QIU Gui-Sheng[1,*], ZHANG Huai-Jiang[1], MA Chun-Sen[2] (1. Research Institute of Pomology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Xingcheng, Liaoning 125100, China; 2. Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract: In order to understand the influence of *Malus sieversii* subsp. *kirghisorum* and *M. domestica* Golden Delicious on the development and reproduction of the European red mite, *Panonychus ulmi* (Koch), age-stage two-sex life tables of the experimental population of *P. ulmi* on the two varieties under the conditions of 23 ± 1℃, 75% ± 5% relative humidity and a photoperiod of 16L∶8D in the laboratory were constructed. The results showed that there were significant differences in female adult longevity, oviposition period and fecundity between *P. ulmi* mites reared on *M. sieversii* subsp. *kirghisorum* and on *M. domestica* Golden Delicious ($P<0.05$). However, no significant difference was found in total developmental duration, total pre-oviposition period and survival rate of immatures between *P. ulmi* mites on *M. sieversii* subsp. *kirghisorum* and on *M. domestica* Golden Delicious. The total developmental duration of *P. ulmi* on *M. sieversii* subsp. *kirghisorum* and *M. domestica* Golden Delicious were 12.60 d and 12.54 d for females, and 11.40 d and 11.67 d for males, respectively. The longevity of female *P. ulmi* mites reared on *M. domestica* Golden Delicious (13.46 d) was longer than those on *M. sieversii* subsp. *kirghisorum* (10.88 d). The oviposition periods of *P. ulmi* on *M. domestica* Golden Delicious and *M. sieversii* subsp. *kirghisorum* were 10.55 d and 8.3 d, respectively. The number of eggs laid per female was significantly higher on *M. domestica* Golden Delicious (34.12 eggs/female) than on

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201103020); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(0032012022)
作者简介: 殷万东, 男, 1987 年 7 月生, 山东泰安人, 硕士研究生, 主要从事昆虫生态学研究, E-mail: wojiaowandong1@163.com
* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: guoshu2008@163.com
收稿日期 Received: 2012-05-26; 接受日期 Accepted: 2012-09-27

M. sieversii subsp. *kirghisorum* (22.48 eggs/female) ($P < 0.05$). The intrinsic rate of increase (r), the net reproductive rate (R_0), the mean generation time (T) and the finite rate of increase (λ) of *P. ulmi* mites reared on *M. sieversii* subsp. *kirghisorum* were 0.1354, 11.96, 18.33 and 1.1450, respectively, while those reared on *M. domestica* Golden Delicious were 0.1489, 17.39, 19.18 and 1.1606, respectively. The results of population dynamic parameters suggest that the population growth of *P. ulmi* mites reared on *M. domestica* Golden Delicious is quicker than those reared on *M. sieversii* subsp. *kirghisorum*. The results may contribute to further understanding of the population dynamics of *P. ulmi* occurring on *M. sieversii* and *M. domestica*, and provide a theoretical basis to breed mite-resistant apple varieties and to promote comprehensive management for *P. ulmi*.

Key words: *Panonychus ulmi*; apple; *Malus sieversii*; experimental population; age-stage two-sex life table

苹果全爪螨 *Panonychus ulmi* (Koch)是为害我国苹果生产的重要害螨之一，是环渤海湾苹果产区的主要害螨种群，特别在辽宁、河北等省份危害十分严重，每年需要花费大量的人力物力控制其危害(仇贵生等，2012)。目前该螨的防治主要依靠喷施化学农药，但是农药的使用不仅造成环境破坏，杀伤大量天敌，还导致该螨抗药性产生，进而使得常用农药防治效果逐年变差，并且严重影响果实品质(孟和生和王开运，2000；冯明祥等，2001；张怀江等，2008)。栽培抗虫性品种作为害虫综合防治的重要措施，已在其他作物上取得一定应用效果(周明牂，1985；夏敬源，1996)，但在苹果生产上，特别是在苹果螨害防控中的应用还基本属于空白。因此栽培抗螨性苹果品种是今后防治苹果害螨的重要选择之一，在生产中具有广阔的应用前景。我国苹果种质资源丰富，起源于我国的野生种有 21 个，其中新疆野苹果 *Malus sieversii* 作为我国经济林资源中重要的天然基因库，是世界野苹果基因库的重要组成部分，更是栽培苹果遗传改良的珍贵资源(张艳敏等，2009)，美国已于 2002 年开始利用新疆野苹果与嘎拉杂交培育抗病性苹果新品种(Forsline and Aldwinckle，2004；Volk *et al*.，2005)。因此明确新疆野苹果与栽培苹果的抗螨性差异，对于苹果抗螨性研究具有重要意义。

目前，苹果不同品种对苹果全爪螨田间抗性鉴定已有较多报道(Goonewardene *et al*.，1980；窦连登等，1989；Hogmire and Miller，2005)，而关于苹果不同品种对苹果全爪螨生长发育和繁殖的影响研究较少，野生苹果与栽培苹果抗螨性对比研究更是鲜有报道。生命表作为研究种群动态的重要工具，一直被广泛应用。但由于传统生命表没有考虑到昆虫个体间普遍存在的个体差异，并忽略了雄性个体的评价，从而影响到所组建的生命表以及所求得的种群动态参数的准确性(吴坤君等，1994)。Chi 和 Liu(1985)及 Chi(1988)创建的年龄-龄期两性生命表作为对传统生命表方法的补充和改进，在许多昆虫生态研究中得到应用(Silva *et al*.，2006；Schneider *et al*.，2009；Hu *et al*.，2010；朱秀娟等，2011)。本实验首次组建了苹果全爪螨在吉尔吉斯和金冠上的实验种群两性生命表，以期明确新疆野苹果吉尔吉斯与栽培苹果金冠对苹果全爪螨生长发育及繁殖的影响，更好地了解两寄主上苹果全爪螨种群发生动态，探究抗螨性机理，为苹果抗螨性育种研究及害螨综合治理提供理论基础。

1　材料和方法

1.1　供试材料

供试吉尔吉斯及金冠均来自国家苹果种质资源圃，树龄 3 年以上，为保证实验准确性，实验期间吉尔吉斯与金冠上均未喷洒杀螨剂。供试苹果全爪螨于 2011 年 5 月采自资源圃吉尔吉斯与金冠上，并分别接于相应的吉尔吉斯和金冠盆栽苗上，在室温 23±1℃，相对湿度 75%±5%，光周期 16L∶8D 的养虫室中饲养扩繁 3 代以上。

1.2　实验种群的饲养和观察

实验在室温为 23±1℃，相对湿度 75%±5%，光周期 16L∶8D 的养虫室中进行。用单层医用纱布包裹在小玻璃皿上(Φ=12.5 cm)，并倒扣于大玻璃皿(Φ=14.5 cm)中，注入清水使纱布充分吸水，制成水隔离饲养台。摘取供试植物的成熟叶片，清洁后将平整叶片制成 4 cm^2 的叶盘平铺在吸水纱布上，叶缘用湿润的脱脂棉条围住，以保持叶片新鲜及防止害螨逃走。

在每一叶盘上接入 1 头产卵盛期的雌成螨，24 h 后挑除，每叶盘只留 1 粒卵饲养观察，吉尔吉斯

和金冠上分别饲养 60 粒卵。每天调查一次，记载各螨态的发育历期和存活情况。当供试雌若螨发育至第三静止态后期时，每叶盘转接 1 头采自相应寄主上刚羽化的雄螨与之配对，雌螨羽化后 24 h 去除雄螨。开始产卵后，每日记载产卵量，并用昆虫针去除产下的卵，直至成螨自然死亡。实验期间，每 3 d 更换一次叶盘，以保证叶片新鲜。

1.3 数据处理与分析

1.3.1 两性生命表组建及分析：参照 Chi 和 Liu (1985)及 Chi(1988)介绍的方法，组建苹果全爪螨在吉尔吉斯和金冠上实验种群两性生命表(表略)。数据的处理及分析采用年龄-龄期两性生命表软件进行(Chi, 2012)。其中，l_x 指整个种群(包括雌、雄螨及未发育至成螨死亡的所有个体)从卵发育到年龄 x 的概率，$l_x = \sum_{j=1}^{k} S_{xj}$ (k 为苹果全爪螨龄期)；m_x 指整个种群在年龄 x 的平均产卵数，$m_x = \frac{\sum_{j=1}^{k} S_{xj} f_{xj}}{\sum_{j=1}^{k} S_{xj}}$；$s_{xj}$指个体从卵发育到 x 年龄 j 龄期的概率；f_{x5}指雌成螨(不包括未发育至成螨死亡的个体)在年龄 x 的平均产卵数。种群动态参数公式为：$\sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x e^{-r(x+1)} = 1$，$\lambda = e^r$，$R_0 = \sum l_x m_x$，$T = (\ln R_0)/r$ (其中 r 为内禀增长率，λ 为周限增长率，R_0 为净增殖率，T 为世代平均周期)。

为比较内禀增长率(r)、净增殖率(R_0)、世代平均历期(T)等种群动态参数之间的差异，一般使用 Jackknife 或 Bootstrap 方法(Meyer *et al.*, 1986)。吴福安等(2006)指出当样本容量小且每雌螨产卵量偏倚过大时 Jackknife 方法不适于使用；Chi 和 Huang(2012)用数学公式证明出 Jackknife 方法会使净增殖率(R_0)的伪值出现较大误差并过高估计其差异。因此，本文采用 Bootstrap 方法对种群动态参数进行估计推断，其 Bootstrap times 为 1 000 次。

1.3.2 存活率曲线的 Weibull 分布：根据 Pinder (1978)提出的 Weibull 分布对存活率曲线进行拟合，公式为 $Sp(t) = \exp[-(t/b)^c]$，t, b, c > 0，其中，b 为尺度参数，c 为形状参数。当 c > 1 时，存活曲线为 Deevey(1950) Ⅰ型；当 c = 1 时，存活曲线为 Deevey (1950) Ⅱ型；当 c < 1 时，存活曲线为 Deevey(1950) Ⅲ型。

生命表参数的显著性差异分析及存活率曲线的 Weibull 拟合均采用 DPS 统计分析软件(唐启义和冯明光, 2006)进行。

2 结果与分析

2.1 苹果全爪螨在吉尔吉斯和金冠上的发育历期及繁殖力(s_{xj})

由表 1 可知，除前若螨期外，苹果全爪螨各螨态的发育历期在吉尔吉斯和金冠上均有明显差异，其中卵期在吉尔吉斯和金冠上分别为 6.36 d 和 6.87 d，达到极显著差异水平($P < 0.01$)。总发育历期从 11.40 ~ 12.60 d 不等，在两寄主上无明显差异($P > 0.05$)。雌成螨寿命、产卵期、单雌总产卵量和日均产卵量在吉尔吉斯和金冠上均有显著的差异，而产卵前期与总产卵前期(从初始卵发育到成螨初次产卵的时间)均无明显差异。雌成螨寿命在金冠 (13.46 d)上明显长于在吉尔吉斯上(10.88 d)上($P < 0.05$)。在金冠和吉尔吉斯上的产卵期分别为 10.55 d 和 8.30 d，亦达到显著性差异水平($P < 0.05$)。在金冠上单雌总产卵量为 34.12 粒，显著高于在吉尔吉斯上(22.48 粒)($P < 0.05$)。

由年龄-龄期特征繁殖力(f_{x5})和种群年龄繁殖力(m_x)(图 1)可知，苹果全爪螨在吉尔吉斯与金冠上的繁殖力曲线为单峰线，其在金冠上日均产卵量明显大于在吉尔吉斯上，并均于 17 d 达到产卵高峰，其最大日均产卵量分别为 3.36 粒/雌(吉尔吉斯)和 4.96 粒/雌(金冠)。

2.2 苹果全爪螨在吉尔吉斯和金冠上的年龄-龄期存活率(s_{xj})

年龄-龄期存活率(s_{xj})表示个体从卵存活到年龄 x 龄期 j 的概率，其绘制的存活曲线如图 2 所示。由于 s_{xj}考虑到雌雄及个体之间发育速率差异，使其不但可以描述不同螨态存活率，还能反映出不同螨态重叠现象，更能真实反映苹果全爪螨种群生长发育及存活情况。

苹果全爪螨在吉尔吉斯上卵、幼螨、前若螨、后若螨的存活率分别为 89.36%，85.11%，82.98% 和 4.47%，在金冠上分别为 90.2%，86.27%，84.31% 和 74.51%。整个未成熟期，苹果全爪螨在金冠上存活率均高于在吉尔吉斯上，但并无明显差异。而图 1 中若螨期存活曲线的明显差异主要是由于苹果全爪螨在金冠上若螨期蜕皮较为集中，而在吉尔吉斯上较为分散。此外，在两寄主上，雄螨均先于雌螨羽化，而存活时间又明显短于雌螨。

表 1　苹果全爪螨在吉尔吉斯和金冠上生命史资料统计

Table 1　Basic statistics of life history data of *Panonychus ulmi* on *Malus sieversii* subsp. *kirghisorum* and *M. domestica* Golden Delicious

统计数据 Statistics	发育龄期或性别 Stage or sex	吉尔吉斯 *M. sieversii* subsp. *kirghisorum*	金冠 *M. domestica* Golden Delicious	*t*	*d. f*	*P*
各螨态发育历期(d)	卵 Egg	6.36 ±0.07 B	6.87 ±0.05 A	5.69	73	0.00
Developmental duration of	幼螨 Larva	2.10 ±0.09 a	1.84 ±0.06 b	2.43	82	0.02
different stages	前若螨 Protonymph	1.79 ±0.07 a	1.84 ±0.06 a	0.49	80	0.63
	后若螨 Deutonymph	1.94 ±0.06 a	1.74 ±0.07 b	2.21	71	0.03
总发育历期(d)	♀	12.60 ±0.18 a	12.54 ±0.13 a	0.59	48	0.55
Total developmental duration	♂	11.40 ±0.22 a	11.67 ±0.14 a	1.05	20	0.31
成螨寿命(d)	♀	10.88 ±0.62 b	13.46 ±0.91 a	2.34	44	0.02
Adult longevity	♂	7.70 ±0.47 a	7.67 ±0.41 a	0.05	20	0.96
产卵前期(d) Adult pre-oviposition period	♀	1.39 ±0.12 a	1.32 ±0.10 a	0.46	43	0.65
总产卵前期(d) Total pre-oviposition period	♀	13.91 ±0.25 a	13.86 ±0.20 a	0.15	43	0.88
产卵期(d) Oviposition period	♀	8.30 ±0.69 b	10.55 ±0.71 a	2.24	43	0.03
总产卵量(粒/雌) Total number of eggs laid per female	♀	22.48 ±2.67 b	34.12 ±3.85 a	2.46	49	0.02

表中数据是平均值 ± 标准误，同一行数据后不同大小写字母分别表示经 *t*-test 法检验差异极显著($P<0.01$)和差异显著($P<0.05$)。The data in the table are mean ± *SE*, and means within a row followed by different capitals and small letters are extremely significantly different at the 1% level and significant differences at the 5% level by using *t*-test, respectively.

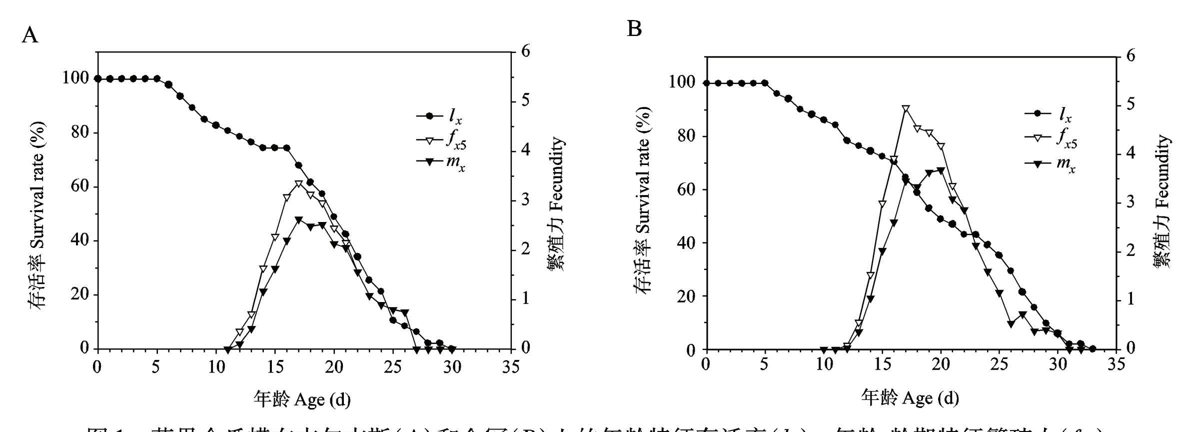


图 1　苹果全爪螨在吉尔吉斯(A)和金冠(B)上的年龄特征存活率(l_x)、年龄-龄期特征繁殖力(f_{x5})和种群年龄特征繁殖力(m_x)

Fig. 1　Age-specific survival rate (l_x), female age-specific fecundity (f_{x5}), and age-specific fecundity of the total population (m_x) of *Panonychus ulmi* on *Malus sieversii* subsp. *kirghisorum* (A) and *M. domestica* Golden Delicious (B)

2.3　苹果全爪螨在吉尔吉斯和金冠上的年龄特征存活率(l_x)及 Weibull 分布

种群的年龄特征存活曲线是指种群的存活率(l_x)随时间或年龄变化的曲线(图 1)，它是图 2 的简化图。Weibull 分布是一个具有极端可塑性的频率分布，可应用于定量描述存活曲线的各种类型。根据两性生命表信息，对苹果全爪螨种群存活率曲线进行 Weibull 拟合，结果显示(表 2)，两存活曲线的决定系数(R^2)均约为 98%，拟合效果较好。存活曲线的形状参数 *c* 值均大于 1，说明在环境适宜

条件下，其存活曲线均属于 I 型，即绝大多数个体能完成正常生长发育，死亡主要发生在成螨中后期。在金冠上，尺度参数 b 值大于在吉尔吉斯上，这也说明苹果全爪螨在金冠上平均寿命与存活率均高于在吉尔吉斯上。

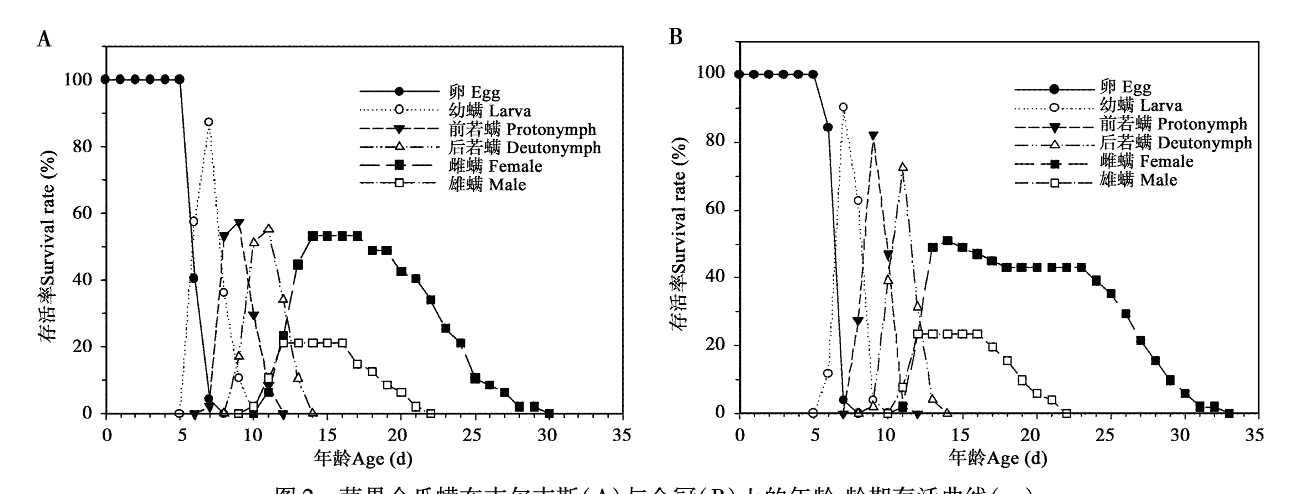


图 2 苹果全爪螨在吉尔吉斯(A)与金冠(B)上的年龄-龄期存活曲线(s_{xj})

Fig. 2 Age-stage survival rate (s_{xj}) of *Panonychus ulmi* reared on *Malus sieversii* subsp. *kirghisorum* (A) and *M. domestica* Golden Delicious (B)

表 2 苹果全爪螨在吉尔吉斯和金冠上存活曲线模型的参数估计

Table 2 Estimation of parameters of the survival curve model for *Panonychus ulmi* reared on *Malus sieversii* subsp. *kirghisorum* and *M. domestica* Golden Delicious

品种 Varieties	尺度参数 b Scale parameter	形状参数 c Shape parameter	决定系数 R^2
吉尔吉斯 *M. sieversii* subsp. *kirghisorum*	21.22 ±0.28	3.34 ±0.20	0.9776
金冠 *M. domestica* Golden Delicious	22.91 ±0.26	2.65 ±0.12	0.9850

2.4 苹果全爪螨在吉尔吉斯和金冠上的生命期望及繁殖率贡献值

年龄-龄期生命期望(e_{xj})表示处于年龄 x 龄期 j 的个体在未来的期望存活寿命(图 3)。由于生命期望可用于预测个体未来存活的时间，这对于估测个体为害程度有重要作用。苹果全爪螨种群的生命期望在金冠上明显长于在吉尔吉斯上。由于实验室良好的饲养条件，生命期望在两寄主上呈现出随年龄增长逐渐下降的趋势。繁殖率贡献值(v_{xj})用以描述处于年龄 x 龄期 j 的个体对未来种群增长的贡献(图 4)。防治工作中，若能针对繁殖率贡献值较高的个体防治，有助于提高防治效率。初始卵的繁殖率贡献值(v_{01})即是周限增长率值，而在吉尔吉斯和金冠上，最大繁殖率贡献值分别出现在 15 d [$v_{(15,5)}$ =13.5]和 16 d[$v_{(16,5)}$ =19.87]。

2.5 苹果全爪螨在吉尔吉斯和金冠上的稳定年龄分布

在一定的环境条件下，每个昆虫种群在不同发育阶段都有特定的死亡率和出生率。如果一个昆虫种群始终在恒定的环境中繁衍，空间和食物都不受限制，也不受同种其他个体和异种生物(包括天敌)的影响，那么，最终该种群将得到一个稳定的年龄分布，这时该种群的瞬时增长速率(即内禀增长率)才趋于稳定。因此，在测定内禀增长能力时，必须同时说明种群的稳定年龄分布(赵士熙等，1991)。

根据两性生命表资料，分别求得苹果全爪螨种群在吉尔吉斯和金冠上的稳定年龄分布。其中，室温为 23 ±1℃条件下，苹果全爪螨种群在吉尔吉斯上最终的稳定年龄分布为：卵期 =65.63%，幼螨期 = 10.69%，前若螨期 = 6.5%，后若螨期 = 5.61%，成螨期 =11.57%。在金冠上该种群最终

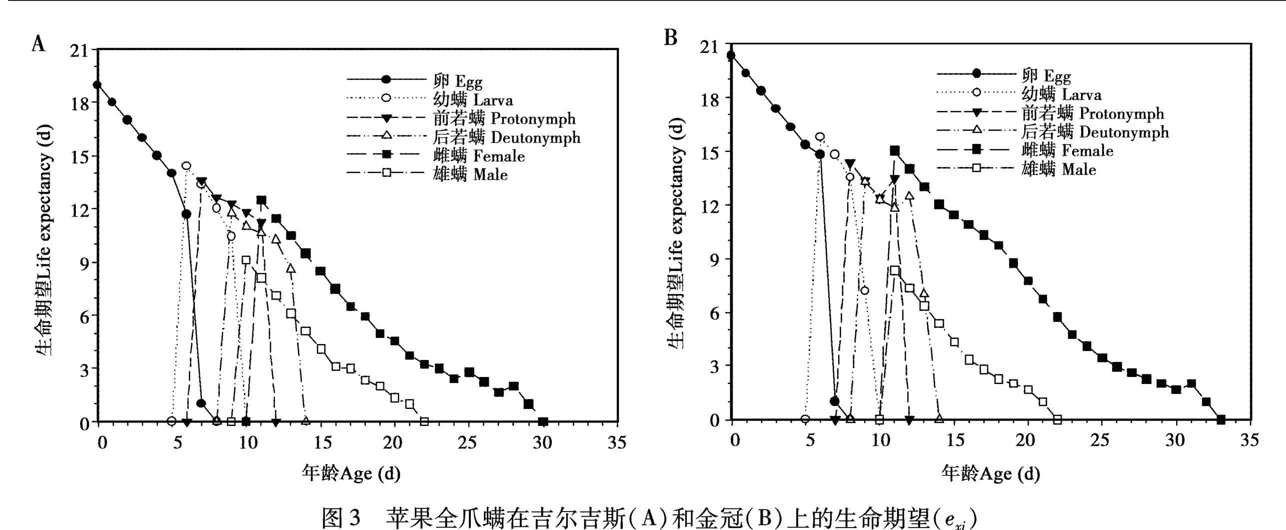


图 3　苹果全爪螨在吉尔吉斯(A)和金冠(B)上的生命期望(e_{xj})

Fig. 3　Life expectancy (e_{xj}) of *Panonychus ulmi* reared on *Malus sieversii* subsp. *kirghisorum* (A) and *M. domestica* Golden Delicious (B)

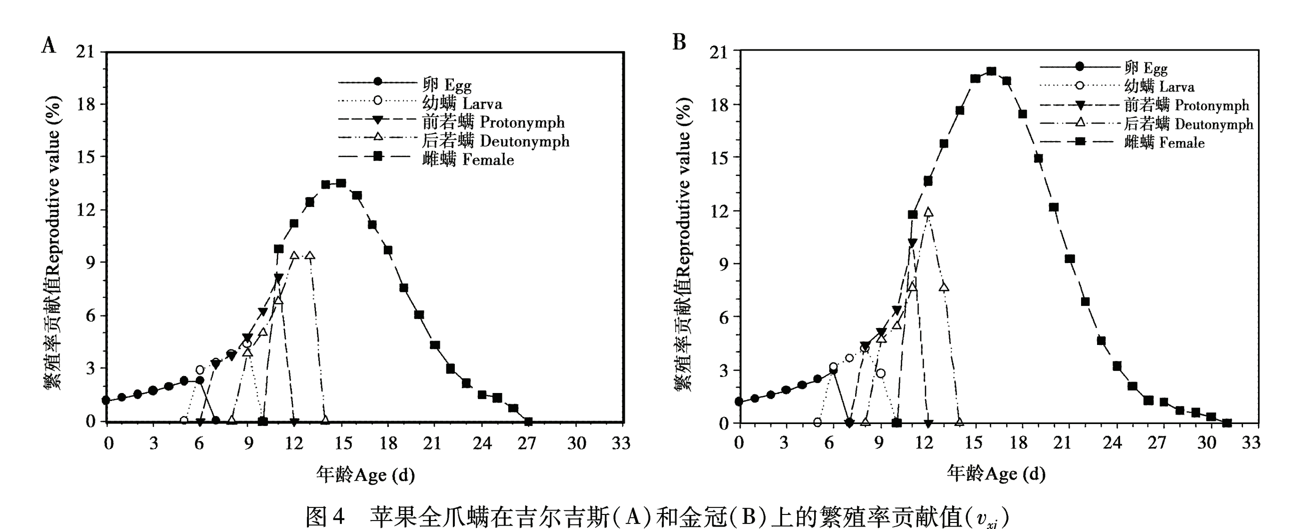


图 4　苹果全爪螨在吉尔吉斯(A)和金冠(B)上的繁殖率贡献值(v_{xj})

Fig. 4　Reproductive value (v_{xj}) of *Panonychus ulmi* reared on apples *Malus sieversii* subsp. *kirghisorum* (A) and *M. domestica* Golden Delicious (B)

的稳定年龄分布为：卵期 = 70.47%，幼螨期 = 8.63%，前若螨期 = 6.23%，后若螨期 = 4.46%，成螨期 = 10.22%。

2.6　苹果全爪螨在吉尔吉斯和金冠上的种群动态参数

由两性生命表资料分别求得苹果全爪螨在吉尔吉斯与金冠上的种群动态参数(表 3)。在室温为 23 ± 1℃，食物充足、环境适宜条件下，具有稳定年龄组配的苹果全爪螨种群(未成熟期占 88.43%，成螨期占 11.57%)在吉尔吉斯上的最大瞬时增长速率为 0.1354，每个体经过一个世代净增加的后代数为 11.96，一个世代的平均历期为 18.33 d，每经过 1 d 种群数量增长 1.145 倍。而相同条件下，具有稳定年龄组配的苹果全爪螨种群(未成熟期占 89.78%，成螨期占 10.22%)在金冠上的最大瞬时增长速率为 0.1489，每个体经过一个世代净增加的后代数为 17.39，一个世代的平均历期为 19.18 d，每经过 1 d 种群数量增长 1.1606 倍。

3　讨论

生命表是研究种群数量动态机制，评价寄主抗性差异及制定种群数量预测模型的重要方法。由于传统生命表只考虑雌性个体的生命过程，而忽略雄性个体，并且以平均发育历期作为统计计算繁殖力及存活率的依据，而忽略了个体间发育速率的差异，而且在数据分析上面临如何纳入未成熟期死亡个体的困难，这些均影响传统生命表在制作及分析

表 3 苹果全爪螨在吉尔吉斯与金冠上的种群动态参数

Table 3 Population dynamic parameters of *Panonychus ulmi* on *Malus sieversii* subsp. *kirghisorum* and *M. domestica* Golden Delicious

品种 Cultivars	内禀增长率 Intrinsic increase rate r	净增殖率 Net reproductive rate R_0	世代平均周期 Mean generation time T	周限增长率 Finite increase rate λ
吉尔吉斯 *M. sieversii* subsp. *kirghisorum*	0.1354 ± 0.0100 a	11.96 ± 2.15 b	18.33 ± 0.28 a	1.1450 ± 0.0120 a
金冠 *M. domestica* Golden Delicious	0.1489 ± 0.0100 a	17.39 ± 3.16 a	19.18 ± 0.25 a	1.1606 ± 0.0110 a

表中数据是平均值 ± 标准误，同一列中不同小写字母表示经 LSD 检验差异显著($P<0.05$)。The data in the table are mean ± *SE*, and means within a column followed by different small letters are significantly different at the 5% level by using LSD test.

上的准确性(Chi, 1988; Huang and Chi, 2012)。而年龄-龄期两性生命表综合考虑了雌雄及个体间发育速率的差异，同时描述雌雄两性的生命过程，指出了总生殖率(*GRR*)、净增殖率(R_0)与雌螨繁殖力(F)等之间的关系(Yu *et al*., 2005; Chi and Su, 2006)，并可提供包括年龄-龄期存活率、生命期望、繁殖率贡献值、年龄组配等在内的更加全面的种群信息。本文组建了苹果全爪螨在吉尔吉斯和金冠上的年龄-龄期两性生命表，探讨分析了吉尔吉斯和金冠对苹果全爪螨生长发育、繁殖、存活的影响，结果表明，吉尔吉斯和金冠对于苹果全爪螨的各螨态的发育历期(除前若螨期外)，雌螨寿命，产卵期及总产卵量有显著影响，而对总发育历期，总产卵前期及未成熟螨存活率影响不显著。这与 Ribeiro 等(1988)用金冠和嘎啦苹果饲养苹果全爪螨得出的结论基本相似。

在金冠上，雌成螨寿命、产卵期、产卵量均显著高于在吉尔吉斯上。其中，该螨在吉尔吉斯和金冠上总产卵量分别为 22.48 粒/雌和 34.12 粒/雌。周玉书等(2005)在 25℃条件下，用富士苹果叶片饲养苹果全爪螨获得的总产卵量为 38.15 粒/雌。窦连登等(1989)在室内条件下得出相对于富士、新红星等 7 种主栽品种，苹果全爪螨在金冠上产卵量最低。由此可以得出，相对于苹果栽培品种，新疆野苹果不利于苹果全爪螨的产卵繁殖。

由 Weibull 拟合分布可知，苹果全爪螨在吉尔吉斯和金冠上存活曲线均为 Deevey(1950) I 型。Herbert(1981)在 21℃条件下得出该螨在元帅上孵化率及未成熟期存活率分别为 98.37% 和 69.64%。而本实验中，苹果全爪螨在吉尔吉斯上孵化率及未成熟期存活率分别为 89.36% 和 74.47%，在金冠上分别为 90.2% 和 74.51%，可以看出在环境条件适宜时，不同苹果寄主对未成熟螨(卵发育至成螨)的存活影响不大，这也进一步说明，苹果不同寄主对苹果全爪螨抗性差异不是通过直接导致未成熟螨的大量死亡来实现的。McLaren(1985)研究称苹果全爪螨在苹果、桃和杏上各龄期存活率差异显著，这说明不同种类的寄主植物对苹果全爪螨的存活率影响大于同一种寄主植物的不同品种，这可能与不同种类植物叶片间形态结构、理化性质等有较大差异有关。

吉尔吉斯和金冠对于苹果全爪螨各螨态的发育有不同程度的影响，其中对卵期影响极显著。虽然卵不取食寄主，但是苹果全爪螨因取食不同寄主而获取的营养不同，所产卵的品质也不尽相同，并且卵孵化需从叶片表面吸收水分，而不同寄主叶片外部形态差异导致叶表含水量不同，以上均可导致孵化时期存在差异。此推论在其他害虫研究中也有记载(林克剑等, 2003; Golizadeh *et al*., 2009)。

由稳定年龄组配可得，在吉尔吉斯与金冠上，苹果全爪螨种群都是以占优势的未成熟螨构成才能维持种群的稳定和繁衍。由于该种群处于未成熟期的个体在金冠上比例相对较高，而稳定年龄组配的意义在于其可估测出种群的稳定性和生活势能(王健立等, 2011)，因此种群在金冠上比在吉尔吉斯上更稳定，增长势能更大。

由于内禀增长率能全面准确地反映出种群生长发育、繁殖和存活情况，是衡量种群数量增长的重要参数，可以作为鉴定品种抗生性的重要指标。本实验中苹果全爪螨在金冠(0.1489)和吉尔吉斯(0.1354)上的内禀增长率虽然在统计上差异不显著，但由于害螨种群基数较大，发育历期短，这种

差异在种群增长上仍会显示出较大不同。周玉书等(2006)在25℃条件下，用富士饲养该螨得出内禀增长率为0.1715，刘长仲和贺春贵(1994)在23℃条件下，用苹果(未知品种)饲养苹果全爪螨所得内禀增长率为0.1296。Herbert(1981)在21℃条件下，用元帅饲养该螨得出内禀增长率为0.134，虽然实验条件及统计方法有一定差异，但是可以看出，苹果不同品种抗螨性存在一定差异。而新疆野苹果包含吉尔吉斯、变形红肉苹果等不同种及丰富的种下类型，各类型间的性状也存在显著差异(李育农，1999)，因此，为筛选抗螨性强的苹果种质资源，仍需对新疆野苹果各类型的抗螨性作进一步鉴定。

净增殖率与世代周期是引起种群数量增长的重要因素，但两者对于种群增长的贡献不同(Krips *et al.*, 1998)。虽然本实验中金冠上的净增殖率显著高于吉尔吉斯，而内禀增长率并无显著差异，这主要由于世代周期在两寄主上无明显差异。从种群动态参数的显著性差异角度比较得出，世代周期是影响螨类种群增长的主要因素。这可能与自然条件下引起r类对策昆虫死亡的主要因素有关，当繁殖力大时，易造成种群密度过高、食料缺乏而引起较大的死亡率；当发育速度快时，其完成一代所暴露的时间缩短，这使得因恶劣环境与天敌捕食等而导致死亡的机率减少。因此，世代周期是影响种群增长速率的主要因素，本结论支持Sabelis(1985)与Kafil等(2007)的观点。由于实验种群两性生命表是在人工控制条件下得出的，能否准确反映田间种群动态还有待进一步验证。

致谢 感谢台北台湾中兴大学齐心(Hsin Chi)教授对本文的审阅及提出的宝贵修改意见。

参考文献(References)

Chi H, 1988. Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. *Environ. Entomol.*, 17: 26–34.

Chi H, 2012. TWOSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis. http:/140.120.197.173/Ecology/.

Chi H, Huang YB, 2012. Life tables of *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae): with a mathematical invalidation for applying the jackknife technique to the net reproductive rate. Available from Nature Precedings. http://dx.doi.org/10.1038/npre.2012.7070.1.

Chi H, Liu H, 1985. Two new methods for the study of insect population ecology. *Bull. Inst. Zool. Acad. Sin.*, 24: 225–240.

Chi H, Su HY, 2006. Age-stage, two-sex life tables of *Aphidius gifuensis* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) and its host *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) with mathematical proof of the relationship between female fecundity and the net reproductive rate. *Environ. Entomol.*, 35(1): 10–21.

Dou LD, Zhang CR, Guan FD, Wang GJ, 1989. Resistance of eight apple varieties to *Panonychus ulmi* and *Lithocolletis ringoniella*. *Entomological Knowledge*, (2): 88–91. [窦连登，张慈仁，关丰栋，王国君，1989. 八个苹果品种对苹果叶螨和金纹细蛾的抗性. 昆虫知识，(2): 88–91]

Feng MX, Jiang RD, Li Q, Wang PS, Wang JC, Liu SQ, 2001. Effects of several miticides and their mixture against *Panonychus ulmi* in the field. *Pesticides*, 40(2): 22–24. [冯明祥，姜瑞德，李青，王佩圣，王继春，刘淑芹，2001. 几种杀螨剂及其混用防治苹果全爪螨田间试验. 农药，40(2): 22–24]

Forsline PL, Aldwinckle HS, 2004. Evaluation of *Malus sieversii* seedling populations for disease resistance and horticultural traits. *Acta Horiculturae*, 663: 529–534.

Golizadeh A, Kamali K, Fathipour Y, Abbasipour H, 2009. Life table of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) on five cultivated brassicaceous host plants. *J. Agric. Sci. Technol.*, 11: 115–124.

Goonewardene HF, Kwolek WF, Dayton DF, Hayden RA, 1980. Preference of the European red mite for strains of 'Delicious' apple with differences in leaf pubescence. *Journal of Economic Entomology*, 73(1): 101–103.

Herbert HJ, 1981. Biology, life tables, and intrinsic rate of increase of the European red mite, *Panonychus ulmi* (Acarina: Tetranychidae). *Canadian Entomologist*, 113(1): 65–71.

Hogmire HW, Miller SS, 2005. Relative susceptibility of new apple cultivars to arthropod pests. *HortScience*, 40(7): 2071–2075.

Hu LX, Chi H, Zhang J, Zhou Q, Zhang RJ, 2010. Life table analysis of the performance of *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae) on two wild rice species. *J. Econ. Entomol.*, 103: 1628–1635.

Huang YB, Chi H, 2012. Age-stage, two-sex life tables of *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae) with a discussion on the problem of applying female age-specific life tables to insect populations. *Insect Science*, 19(2): 263–273.

Kafil M, Allahyarih H, Saboori A, 2007. Effect of host plants on developmental time and life table parameters of *Amphitetranychus viennensis* (Acari: Tetranychidae). *Exp. Appl. Acarol.*, 42: 273–281.

Krips OE, Witul A, Willems PEL, Dicke M, 1998. Intrinsic rate of population increase of the spider mite *T. urticae* on the ornamental crop gerbera: intraspecific variation in host plant and herbivore. *Entomol. Exp. Appl.*, 89: 159–168.

Li YN, 1999. The Research on Apple Germplasm Resources. China Agriculture Press, Beijing. 12. [李育农，1999. 苹果属植物种质资源研究. 北京：中国农业出版社. 12]

Lin KJ, Wu KM, Wei HY, Guo YY, 2003. The effects of host plants on growth and development of *Bemisia tabaci* populations in China (Homoptera: Aleyrodidae). *Acta Ecologica Sinica*, 23(5): 870–877. [林克剑，吴孔明，魏洪义，郭予元，2003. 寄主作物对B型烟粉虱生长发育和种群增殖的影响. 生态学报，23(5): 870–877]

Liu CZ, He CG, 1994. Analysis on the experimental population parameters of three species of fruit tree spider mites. *Acta Phytophylacica Sinica*, 21: 176, 192. [刘长仲, 贺春贵, 1994. 三种果树叶螨实验种群参数的分析. 植物保护学报, 21: 176, 192]

McLaren GF, 1985. Control of European red mite *Panonychus ulmi* (Koch) on apricot in central Otago, New Zealand. *Acta Horticulture*, 192: 251 – 260.

Meng HS, Wang KY, 2000. Comparative test on the susceptibility of *Panonychus ulmi* and *Tetranychus viennensis* to miticides. *China Fruits*, (4): 35, 56. [孟和生, 王开运, 2000. 二斑叶螨和苹果全爪螨对药剂敏感性比较试验. 中国果树, (4): 35, 56]

Meyer JS, Ingersoll CG, McDonald LL, Boyce MS, 1986. Estimating uncertainty in population growth rates: jackknife vs. bootstrap techniques. *Ecology*, 67(5): 1156 – 1166.

Pinder JE, 1978. The Weibull distribution: a new method of summarizing survivorship data. *Ecology*, 59(5): 175 – 179.

Qiu GS, Yan WT, Zhang HJ, Zhou ZS, Wu YX, Chi FM, Xu CN, Yin WD, 2012. The research on the dynamics and comprehensive control strategies of the main diseases and pests in the apple-producing areas around Bohai Bay. *China Fruits*, (2): 72 – 75. [仇贵生, 闫文涛, 张怀江, 周宗山, 吴玉星, 迟福梅, 徐成楠, 殷万东, 2012. 渤海湾苹果产区主要病虫害发生动态及综合防治策略. 中国果树, (2): 72 – 75]

Ribeiro LG, Villacorta A, Foerster LA, 1988. Life cycle of *Panonychus ulmi* (Koch) (Acari: Tetranychidae) in apple trees, cultivar Gala and Golden Delicious. *Acta Horticulturae*, 232: 228 – 232.

Sabelis MW, 1985. Reproductive strategies. In: Helle W, Sabelis MW eds. Spider Mites: Their Biology, Natural Enemies and Control. Elsevier, Amsterdam. 265 – 278.

Schneider MI, Sanchez N, Pineda N, Chi H, Ronco A, 2009. Impact of glyphosate on the development, fertility and demography of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae): ecological approach. *Chemosphere*, 76: 1451 – 1455.

Silva AAE, Varanda EM, Barosela JR, 2006. Resistance and susceptibility of alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars to the aphid *Therioaphis maculate* (Homoptera: Aphididae): insect biology and cultivar evaluation. *Insect Science*, 13(1): 55 – 60.

Tang QY, Feng MG, 2006. DPS Data and Processing System – Experimental Design, Statistical Analysis and Data Mining. Science Press, Beijing. [唐启义, 冯明光, 2006. DPS 数据处理系统——实验设计、统计分析及数据挖掘. 北京: 科学出版社]

Volk GM, Richards CM, Reilley AA, Henk AD, 2005. Ex situ conservation of vegetatively propagated species: development of a seed-based core collection for *Malus sieversii*. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 130: 203 – 210.

Wang JL, Wang JP, Zheng CY, 2011. The life tables of laboratory population of *Frankliniella occidentalis* and *Thrips tabaci* on purple cabbage. *Acta Phytophylacica Sinica*, 38(5): 390 – 394. [王健立, 王俊平, 郑长英, 2011. 西花蓟马与烟蓟马在紫甘蓝上的实验种群生命表. 植物保护学报, 38(5): 390 – 394]

Wu FA, Zhou JX, Yu MD, Wang QL, Xu L, Lu C, Jing CJ, 2006. Statistical inference on the intrinsic rate of increase of the carmine spider mite, *Tetranychus cinnabarinus* on different mulberry cultivars (*Morus* L.) under laboratory conditions. *Acta Entomologica Sinica*, 49(2): 287 – 294. [吴福安, 周金星, 余茂德, 王茜龄, 徐立, 鲁成, 敬成俊, 2006. 不同桑树品种上朱砂叶螨实验种群内禀增长率的统计推断. 昆虫学报, 49(2): 287 – 294]

Wu KJ, Gong PY, Li XZ, He J, 1994. The age-stage-specific life table of the armyworm, *Mythimna separata* (Walker). *Acta Entomologica Sinica*, 37(4): 426 – 434. [吴坤君, 龚佩瑜, 李秀珍, 何剑, 1994. 粘虫的年龄-发育期结构生命表. 昆虫学报, 37(4): 426 – 434]

Xia JY, 1996. Studies and utilization of insect-resistance in cotton. *Cotton Science*, 8(2): 57 – 64. [夏敬源, 1996. 棉花抗虫性研究和利用. 棉花学报, 8(2): 57 – 64]

Yu JZ, Chi H, Chen BH, 2005. Life table and predation of *Lemnia biplagiata* (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) with a proof on relationship among gross reproduction rate, net reproduction rate, and preadult survivorship. *Annals of the Entomological Society of America*, 98(4): 475 – 482.

Zhang HJ, Qiu GS, Yan WT, Zhang P, Liu CL, Zheng YC, 2008. Test on control of *Panonychus ulmi* (Koch) by a new chemical acaricide 'spirodiclofe'. *China Fruits*, (3): 40 – 41. [张怀江, 仇贵生, 闫文涛, 张平, 刘池林, 郑运城, 2008. 新型杀螨剂螺螨酯防治苹果全爪螨药效试验. 中国果树, (3): 40 – 41]

Zhang YM, Feng T, Zhang CY, He TM, Zhang XY, Liu ZC, Wang YL, Shu HR, Chen XS, 2009. Advances in research of the *Malus sieversii* (Lebed.) Roem. *Acta Horticulturae Sinica*, 36(3): 447 – 452. [张艳敏, 冯涛, 张春雨, 何天明, 张小燕, 刘遵春, 王艳玲, 束怀瑞, 陈学森, 2009. 新疆野苹果研究进展. 园艺学报, 36(3): 447 – 452]

Zhao SX, Chen GM, Wu ZF, 1991. The life table of the experimental population of *Erigonidium graminicola*. *Journal of Fujian Agricultural College*, 20(2): 171 – 178. [赵士熙, 陈国铭, 吴中孚, 1991. 草间小黑蛛实验种群的生命表. 福建农学院学报, 20(2): 171 – 178]

Zhou MZ, 1985. The research progress on plant resistance to pests. *World Agriculture*, 6(14): 31 – 34. [周明牂, 1985. 植物抗虫性研究利用的进展. 世界农业, 6(14): 31 – 34]

Zhou YS, Piao CS, Qiu GS, Zhang P, Meng W, Fang H, 2006. Life table for three mite species under different temperature. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 37(2): 173 – 176. [周玉书, 朴春树, 仇贵生, 张平, 孟威, 方红, 2006. 不同温度下 3 种害螨实验种群生命表研究. 沈阳农业大学学报, 37(2): 173 – 176]

Zhu XJ, Zhang ZJ, Lü YB, 2011. Effects of inoculation of host plants with tomato spotted wilt virus on populations of the western flower thrips, *Frankiniella occidentalis* (Pergande) (Theysanoptera: Thripidae). *Acta Entomologica Sinica*, 54(4): 425 – 431. [朱秀娟, 张治军, 吕要斌, 2011. 寄主植物接种番茄斑萎病毒对西花蓟马种群的影响. 昆虫学报, 54(4): 425 – 431]

(责任编辑: 武晓颖)